

Didaktik der Physik

Frühjahrstagung – Dresden 2017

Wie fachspezifisch ist das Naturwissenschaftsverständnis?

- Eine Teilstudie des Projektes „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ -

Rebekka Roetger, Rita Wodzinski

Universität Kassel, Didaktik der Physik, Heinrich-Plett-Straße 40, 34109 Kassel
roetger@physik.uni-kassel.de, wodzinski@physik.uni-kassel.de

Kurzfassung

Das naturwissenschaftsübergreifende Teilprojekt „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ untersucht unter anderem das Wissenschaftsverständnis angehender Lehrkräfte der Fächer Physik, Biologie und Chemie. Zur übergreifenden Erfassung des Wissenschaftsverständnisses wurde in einem ersten Durchgang u.a. ein schriftlicher Test mit Items von Riese (2009) genutzt, die ursprünglich für das Fach Physik entwickelt worden sind. Bei der Anpassung der Items für die Fächer Biologie und Chemie wurden bereits unterschiedliche Verständnisse zentraler wissenschaftstheoretischer Begriffe (Theorie, Gesetz, Experiment) in den drei Naturwissenschaften deutlich.

Um zu klären, welche Vorstellungen Studierende der drei Naturwissenschaften mit bestimmten wissenschaftstheoretischen Begriffen verbinden und inwieweit sich diese fachspezifisch unterscheiden, wurde eine vertiefende Interviewstudie durchgeführt, die sich eng an den Items des schriftlichen Tests orientiert. Das Interview richtet den Fokus darauf, vor welchem Vorstellungshintergrund die Studierenden die Items bearbeiten. Dies ermöglicht eine bessere Einordnung der Testergebnisse. Gleichzeitig können so tiefere Einblicke in das Wissenschaftsverständnis der Studierenden gewonnen werden als dies mit dem ursprünglichen Testinstrument möglich ist.

1. Contemporary Science in der Lehrerbildung

Als Teilprojekt des Kasseler Projekts PRONET¹ verfolgt das Teilprojekt „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ das Ziel, die Verzahnung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik am Beispiel der Auseinandersetzung mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung zu fördern und die Wirkung entsprechender Lernumgebungen zu untersuchen. Hierzu wurde ein Seminarkonzept entwickelt, in dem der Fokus auf der Verknüpfung von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Studienanteilen liegt. In jeder der drei naturwissenschaftlichen Lehramtsstudienfächer wird seit SS16 ein Wahlpflichtseminar gemäß dem Konzept durchgeführt.

Das Seminarkonzept sieht in einer ersten Phase die Auseinandersetzung mit aktuellen fachlichen Forschungsthemen und aktueller Forschungspraxis vor, bevor die Studierenden in einer zweiten Phase Ideen generieren, wie eine Begegnung mit moderner Forschung im Unterricht umgesetzt werden kann. Dies setzt eine didaktische Analyse zu Aspekten aktueller naturwissenschaftlicher Forschung voraus.

Es wird erwartet, dass die Verzahnung von Fach und Fachdidaktik insbesondere auf das Verständnis von Nature of Science (NOS) der Studierenden Einfluss nimmt (Roetger & Wodzinski, 2016). Ein Fokus der

fächerübergreifenden Begleitforschung liegt deshalb auf der Veränderung des Wissenschaftsverständnisses der Studierenden durch das Seminar. Zur Erfassung des Wissenschaftsverständnisses wird ein geschlossener Fragebogen mit zwölf Items von Riese (2009) eingesetzt. Die ursprünglich für die Physik entwickelten Items wurden dazu für die Biologie und Chemie entsprechend angepasst.

2. Problemstellung

Bei der Anpassung der Items an die Biologie und Chemie wurde deutlich, dass bestimmte wissenschaftstheoretische Begriffe in den Naturwissenschaften unterschiedlich verstanden werden. So ist aus physikalischer Sicht z.B. ein Gesetz ein „mathematisch ausgedrückter Zusammenhang generalisierter Regelmäßigkeit innerhalb physikalischer Systeme“ (Höttecke & Rieß, 2007, S.10). Aus biologischer Sicht gelten Gesetze nur unter bestimmten, idealen Bedingungen und stellen deshalb keine universellen Aussagen da (Elgin, 2006). Zudem hat in biologischen Kontexten der Begriff „Modell“ häufig eine sehr ähnliche Bedeutung wie der Begriff „Theorie“ in der Physik, z.B. wenn für ein Phänomen keine Theorie existiert, es aber mit einem Modell erklärt werden kann (Reinisch & Krüger 2014). Aus physi-

¹ Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und

Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

kalischer Sicht ist dies problematisch, da hier „Modelle“ „eine vereinfachte oder idealisierte Vorstellung eines Objektes, Systems oder Prozesses“ sind (Hopf, 2011, S.11).

Es ist deshalb davon auszugehen, dass Studierende fachspezifische Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Begriffen aufbauen, die wiederum einen Einfluss darauf haben, wie einzelne Testitems beantwortet werden. Möglicherweise liegen unterschiedlichen Testergebnissen nur unterschiedliche Begriffsverständnisse zugrunde. Um dies genauer zu untersuchen, wurde in einer Interviewstudie der Frage nachgegangen, inwiefern sich das Naturwissenschaftsverständnis der Lehramtsstudierenden der Fächer Physik, Chemie und Biologie unterscheidet. Die Interviews sollen dazu beitragen, die Testergebnisse des schriftlichen Tests zu interpretieren und ermöglichen darüber hinaus tiefere Einblicke in das Naturwissenschaftsverständnis der Studierenden.

3. Interviewstudie

3.1 Konzeption des Interviews

Der Leitfaden der Interviewstudie wurde in Anlehnung an die Testitems von Riese (2009) (*Eigenschaften der Naturwissenschaften, wissenschaftstheoretische Begriffe und Bedeutung des Experiments bei der Erkenntnisgewinnung*) und in Anlehnung an die Struktur des offenen Fragebogens VNOS-C von Lederman et al. (2002) konzipiert.

Der Leitfaden ist für alle drei Disziplinen strukturell einheitlich, aber dennoch fachbezogen konkretisiert. Zu jedem Item wird im Interview jeweils der Vorstellungshintergrund erhoben, der der Beantwortung des Items (bezogen auf das studierte Fach) zugrunde liegt. Des Weiteren wird jeweils nach Unterschieden zu den anderen beiden nicht studierten Naturwissenschaften gefragt.

Das Interview thematisiert zunächst Eigenschaften und besondere Charakteristika der einzelnen Disziplinen. Die Studierenden werden aufgefordert, Naturwissenschaften von anderen Wissenschaften abzugrenzen und Besonderheiten ihrer eigenen naturwissenschaftlichen Disziplin (Biologie, Chemie oder Physik) zu nennen. Anschließend werden die naturwissenschaftlichen Begriffe Theorie, Gesetz und Experiment thematisiert, wobei immer zuerst nach dem Verständnis des Begriffes gefragt wird, bevor konkrete Beispiele genannt werden sollen. Für den Begriff „Theorie“ lauten die Interviewfragen beispielsweise wie folgt:

Was verstehen Sie unter einer Theorie? Können Sie Ihre Meinung mit einem Beispiel unterstützen? Trifft das, was Sie gesagt haben, Ihrer Meinung nach auch für die Chemie/Biologie zu?

Nach Klärung der Vorstellungen zu Theorien, Gesetzen und Experimenten, werden die befragten Studierenden gebeten, die Begriffe Gesetz, Theorie und Experiment in einem Schaubild zu verknüpfen. Dadurch

sollen die Vorstellungen der Studierenden zum Zusammenspiel der Begriffe deutlich werden, insbesondere auch zur Rolle des Experiments bei der Entwicklung von Theorien und Gesetzen.

Abschließend wird erhoben, wie sich die Studierenden die Existenz unterschiedlicher Theorien zu einem Phänomen erklären. Dazu wird jeweils ein konkretes Phänomen beschrieben, das über unterschiedliche Theorien gedeutet werden kann.

3.2 Untersuchungsgruppe

Die Untersuchungsgruppe besteht aus Studierenden, die an dem Wahlpflichtseminar teilgenommen haben. Insgesamt nahmen 18 Studierende freiwillig an der Erhebung teil, davon 6 aus jedem Fach. Der Erhebungszeitpunkt der Interviews lag am Ende des Semesters, in dem das Seminar abgeschlossen wurde (SoSe 16 bzw. WiSe16/17). Es ist angedacht, die Stichprobe im kommenden SoSe 2017 um weitere sechs Studierende aus jedem Fach zu ergänzen.

3.3. Auswertungsmethodik

Bisher wurden nur die Interviews der Physikstudierenden näher betrachtet. Die fächerübergreifende Auswertung steht noch aus.

Die Interviews der Physikstudierenden wurden in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet. Für die einzelnen Aspekte des Wissenschaftsverständnisses wurden induktiv Kategoriensysteme erstellt. Basierend auf den Ergebnissen vorliegender Untersuchungen insbesondere von Höttecke & Rieß (2007) sowie weiterer Quellen wurden die einzelnen Kategorien einer eher „alltagsnahen“ oder einer eher „wissenschaftstheoretisch angemessenen“ Vorstellung zugeordnet.

4. Vorstellungen zu den wissenschaftstheoretischen Begriffen

Im Folgenden wird ein erster Einblick in die Vorstellungen der Physikstudierenden zu naturwissenschaftlichen Theorien und Gesetzen gegeben.

4.1 Naturwissenschaftliche Theorien

Wissenschaftstheoretisch angemessene Vorstellungen zu Theorien sind, dass Theorien etablierte, gut begründete, in sich konsistente, Aussagensysteme sind, die unterschiedliche Phänomene und Beobachtungen erklären können (Lederman et al., 2002; Urhahne et al., 2011). Anhand von Theorien können Vorhersagen abgeleitet werden (Lederman et al., 2002; Urhahne et al., 2011). Im Alltagsverständnis wird etwas als theoretisch bezeichnet, wenn es ihm „an Konkretheit, Zuverlässigkeit oder Geltung“ fehlt (Höttecke & Rieß, 2007, S.9). Dies kann die Vorstellung von Theorien beeinflussen. Eine weitere Alltagsvorstellung ist, dass Theorien durch wiederholte Bestätigung irgendwann zu Gesetzen werden (Lederman et al., 2002; Urhahne et al., 2011). Die Studierenden der Physik äußerten im Interview überwiegend die Vorstellung, dass Theorien Aussagen sind, die noch bewiesen werden müssen. Damit werden

Theorien im Sinne hypothetischer Aussagen gedeutet. Einige sahen Theorien darüber hinaus als eine Vorstufe von einem Gesetz. Dies ist an Aussagen wie „Eine Theorie ist für mich erst mal eine Aussage oder eine Annahme, die es zu überprüfen gilt.“ (P04) oder „[Die Theorie] wäre eine Vorstufe von einem Gesetz.“ (P03) erkennbar. Gleichzeitig wird bei (P03) aber auch die Vorstellung deutlich, dass Theorien nicht beweisbar sind, wenn sie als Beispiel einer Theorie die Relativitätstheorie nennt mit der Begründung, dass dies eine Theorie sei, weil „so richtig beweisen kann man das ja gar nicht.“ (P03)

Für die Studierende (P02), sind Theorien teilweise „Erklärungsversuche“, die Abläufe in der Natur zu beschreiben. Jedoch ist sie sich unsicher, inwiefern Theorien sich von Gesetzen abgrenzen. Sie meint, dass „an sich [Theorien] (...) nur in Worten formuliert sind, was ein Gesetz mathematisch ausgedrückt sein kann oder ist.“

4.2 Naturwissenschaftliche Gesetze

Eine durch Alltagssprache geprägte Vorstellung von naturwissenschaftlichen Gesetzen ist, dass sie gesichertes und unabwiesbares Wissen über Zusammenhänge beschreiben (Höttecke & Rieß, 2007, S.9). Aus wissenschaftstheoretischer Sicht umfassen Gesetze mehr. So beschreiben Höttecke und Rieß (2009, S.10) Gesetze als einen „mathematisch ausgedrückten Zusammenhang generalisierter Regelmäßigkeit innerhalb physikalischer Systeme“. Auch Lederman et al. (2002) definieren naturwissenschaftliche Gesetze als anschauliche, beschreibende Verhältnisse von beobachteten Regelmäßigkeiten verschiedener Phänomene.

Auffällig ist, dass die untersuchten angehenden Physiklehrkräfte Gesetze zunächst auf einer alltagssprachlichen Ebene beschreiben. Dazu äußern sie, dass ein Gesetz etwas „Festgelegtes [ist] (...) was auch bewiesen wurde, beziehungsweise soweit bewiesen wurde, dass man halt sagen kann, (...) das ist halt wirklich so“ (P05). Erst bei der Benennung von Beispielen gehen die Studierenden auf die mathematische Ausdrucksform oder die generalisierte Regelmäßigkeit ein. Dabei werden Gesetze aus der Elektrizitätslehre (P04, P05, P06) oder das ideale Gasgesetz aus der Wärmelehre genannt. Nur eine Studierende geht gleich zu Beginn darauf ein, dass ein Gesetz eine „verallgemeinerte Aussage [ist], die aus Beobachtungen und aus mehrmaligen Bestätigungen festgelegt [wurde]“ (P02) und in der Physik meist eine „mathematische Ausdrucksform“ annimmt.

4.3. Beziehung zwischen naturwissenschaftlichen Gesetzen und Theorien

Grundsätzlich sind Gesetze und Theorien zwei unterschiedliche Arten von Wissen (Höttecke & Rieß, 2007; Lederman et al., 2002). Gesetze sind Theorien nicht hierarchisch übergeordnet (Urhahne et al., 2001) und das eine kann nicht in das andere übergehen (Lederman et al., 2002).

Auch hier haben die Lehramtsstudierenden der Physik eher alltagsnahe Vorstellungen. Die Studierenden haben die Vorstellung, dass Gesetze eine „überprüfte“ (P04) oder „aus dem jeweiligen Fach anerkannte Theorie“ (P06) oder eine „Theorie mit dem höchsten Wahrheitsgehalt“ (P01) ist.

Die Vorstellung der Physiklehramtsstudierenden spiegelt sich auch in den gelegten Schaubildern wieder. Grundsätzlich stellt für die Studierenden das Experiment immer eine Art „Wechselbeziehung“ (P03), „Wechselwirkung“ (P06) oder einen „Kreislauf“ (P04) mit der Theorie dar. Sobald ein Experiment eine Theorie „bestätigt“ oder „zufriedenstellt“ (P04), entsteht daraus ein Gesetz. Dies betont nochmals die alltagsnahen Vorstellungen der Studierenden, dass eine Theorie eine ungeprüfte Aussage ist und dass Theorien eine Vorstufe von Gesetzen sind. Schaut man sich die Schaubilder der Biologiestudierenden an, so ist ebenfalls erkennbar, dass hier ähnliche alltagsnahe Vorstellungen vorliegen: Experimente werden genutzt, um eine Theorie zu überprüfen, um anschließend nach genügend Überprüfung ein Gesetz aus der Theorie zu formulieren.

4.3 Unterschiede zwischen den Fächern aus Sicht der Studierenden

Bei der Frage, ob es Unterschiede in der Bedeutung der wissenschaftstheoretischen Begriffe in den drei Naturwissenschaften gibt, treffen die Studierenden jeweils vorsichtige und wenig konkrete Aussagen. Die Studierenden geben an, ihre Vorstellung zu den Begriffen „Theorien“ und „Gesetz“ auf die Biologie und Chemie zu „übertragen“ (P01, P05, P06) oder dass sie es „genauso“ (P02, P03, P04,) sehen. Lediglich eine Studierende (P02) äußert, dass Gesetze in der Physik immer Zusammenhänge „mathematisieren“ und dass das „wahrscheinlich in der Biologie und Chemie nicht unbedingt so [ist]“. Zudem fällt auf, dass die Studierenden bei ihren Aussagen eher vorsichtig sind und sich nicht festlegen wollen, da sie „keine Vorstellung“ (P02) oder „keine Ahnung“ (P05) haben oder sich „nicht so genau [auskennen]“ (P03, P02). Da die Studierenden angeben sich bei ihren Äußerungen zur Biologie und Chemie auf Wissen und Erfahrungen aus ihrer Schulzeit zu beziehen, deutet das vorsichtige Antwortverhalten darauf hin, dass die Studierenden während ihrer Schulzeit wenig Erfahrungen mit wissenschaftstheoretischen Begrifflichkeiten gesammelt haben und diese erst im Studium reflektieren.

5. Vorläufiges Fazit und Ausblick

Es wird deutlich, dass die Interviewstudie einen tieferen Einblick in die Vorstellungen der Studierenden zu Nature of Science gibt, als der geschlossene Test mit den Items von Riese (2009). Auf den ersten Blick scheinen die Physiklehramtsstudierende eher ein alltagsnahes Wissenschaftsverständnis zu haben. Erst durch die Nennung der Beispiele wird jedoch ersichtlich, dass durchaus Ansätze wissenschaftstheoretischer Vorstellungen vorliegen.

Die Physiklehramtsstudierenden erkennen keine konkreten Unterschiede der naturwissenschaftstheoretischen Begriffe in den jeweiligen Disziplinen. Dies könnte daran liegen, dass die Studierenden sich nicht gut genug in der Biologie oder Chemie auskennen. Inwieweit sich die Sichtweisen der Studierenden der drei Naturwissenschaften unterscheiden, muss noch näher untersucht werden.

Eine weitere unbeantwortete interessante Frage ist, inwieweit schulische oder universitäre Einflüsse das Wissenschaftsverständnis prägen. Ergänzend sollen auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den jeweiligen Disziplinen nach dem gleichen Schema zu ihrem Wissenschaftsverständnis befragt werden. Dadurch sollen mögliche fachspezifische Unterschiede und Gemeinsamkeiten des Wissenschaftsverständnisses aus einer fachwissenschaftlichen Perspektive konkretisiert werden.

6. Literatur

- [1] Elgin, M. (2006): There may be strict empirical laws in biology, after all. In: *Biology & Philosophy*, 21, S.119–134.
- [2] Hopf, M. (Hrsg.), Schecker, H., Wiesner, M. (2011): *Physikdidaktik kompakt*. Köln: Aulis Verlag.
- [3] Höttecke, D., Rieß, F. (2007): Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. In: *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1/6 (2007), S.1-14. URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid/article/vvie/51/51>
- [4] Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S. (2002): Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. In: *Journal of research in science teaching*, 6/39, (2002), S.497-521.
- [5] Reinisch, B., & Krüger, D. (2014): Vorstellungen von Studierenden über Gesetze, Theorien und Modelle in der Biologie. In: *Erkenntnisweg der Biologiedidaktik*, 13, S. 41-56.
- [6] Riese, J. (2009): *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- [7] Roetger, R. & Wodzinski, R. (2016): Contemporary Science in der Lehrerbildung. Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zur Förderung der Professionsentwicklung angehender Physiklehrkräfte. In: *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1 (2016), S. 1-3. URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/702/836>
- [8] Urhahne, D., Kremer, K. and Mayer, J. (2011): Conceptions of the nature of science - are they general or context specific? In: *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3/9 (2011): S.707–730.